



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 195 22 958 C 2

51 Int. Cl. 6:
A 63 B 22/00
A 63 B 24/00
A 61 B 5/04
A 61 B 5/11

21 Aktenzeichen: 195 22 958.4-15
22 Anmeldetag: 15. 6. 95
43 Offenlegungstag: 19. 12. 96
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 5. 99

DE 195 22 958 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Wiest, Peter P., Dipl.-Ing., 14052 Berlin, DE
74 Vertreter:
Lüke, D., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 14195 Berlin

Boris Hosseinzdeh-Dolkhani,
Wolfgang Schiller and Marc
Rummel, METHOD AND
PORTABLE TRAINING DEVICE FOR
OPTIMIZING A TRAINING

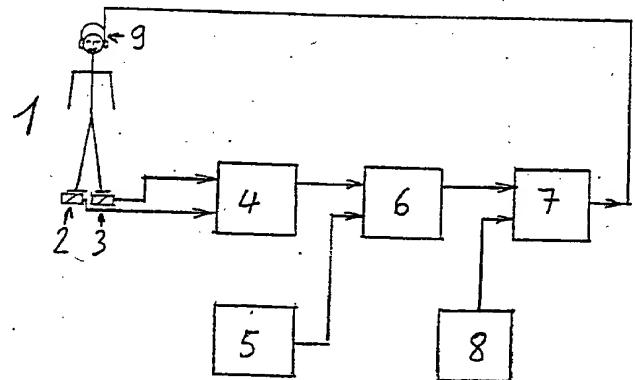
72 Erfinder:
Wiest, Peter P., 14052 Berlin, DE; Schauer, Michael,
Dr., 13125 Berlin, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 41 41 109 A1 (D2)
NZ-Z.: Med. Eng. Phys. 1994, Vol. 16, May,
S. 253 ff, R. Kirk at al.;
DE-Z.: Med. Orth. Tech. 1/94, S. 6 ff,
Geutner Verl. Stuttgart;
CH-Tagungsbericht, P-Gait-Analysis-Meßsystem,
1992, Zweifel, H.-J. u.a. S. 260 ff;

54 Verfahren zur Akustisierung körpereigener physikalischer Werte und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57 Verfahren zur Akustisierung körpereigener physikalischer Werte für Trainings- und/oder Therapiemaßnahmen, wobei die relevanten physikalischen Meßwerte des Probanden über Sensoren aufgenommen und in einer Aufbereitungsstufe verstärkt, gewandelt und in Musiksingnale umgesetzt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die körpereigenen Werte des Probanden (1) über die Sensoren (2, 3) ständig aufgenommen und in der Aufbereitungsstufe (4) verstärkt und gewandelt werden und in einer Bewertungsstufe (5, 6) mittels spezifischer Algorithmen softwaremäßig verarbeitet und simultan in einer Umsetzungsstufe (7) in Musik umgesetzt werden, die den Vorgaben aus der Bewertungsstufe (5, 6) durch Beeinflussung der im Musikspeicher (8) im MIDI-Format gespeicherten Musikdaten entspricht, und daß dem Probanden (1) über eine Tonquelle (9) eine Musik ausgegeben wird, die seine Meßwertsituation permanent und in Echtzeit signalisiert.



DE 195 22 958 C 2

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Akustisierung körpereigener physikalischer Werte gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Das wiederholte Üben von Alltagsbewegungen, wie zum Beispiel das Aufstehen aus einer sitzenden Haltung und das Gehen, stellt für Patienten mit neurologischen oder orthopädischen Defiziten ein wesentliches Element der Rehabilitation dar.

Der Erfolg des Übens bei neurologischen Defiziten, zum Beispiel dem Schlaganfall, basiert auf der Fähigkeit der Hirnhemisphären, verantwortliche Kontroll-Areale so zu verlagern, daß der Einfluß irreversibler Zellschädigungen vermindert wird (kortikale Plastizität).

Als unumgänglich wird die motivierende und korrigierende krankengymnastische Unterstützung während der Übungen erachtet, die jedoch hohe Anforderungen an das Pflegepersonal stellt.

Es sind bereits Verfahren bekannt, mit denen Körperbehinderte Musik auf unkonventionelle Art erzeugen können, z. B. Klangerzeugungen durch Bewegungen des Kopfes. Die Umsetzung in Musik erfolgt im MIDI-Format (Musical Instruments Digital Interface) (Zeitschrift Med. Eng. Phys. 1994, Vol. 16, May, S. 253 ff.; R. Kirk et al.: "Computer music in the service of music therapy: the MIDIGRID and MIDICREATOR systems").

Die Umsetzung von psychischen Zuständen des Anwenders in Musik wird zur Selbstwahrnehmung in der Musiktherapie verwendet. Es erfolgt keine direkte Selbstkontrolle des Anwenders bezüglich seiner Zustände, z. B. seiner Bewegungen. Eine direkte Verknüpfung von Meßwerten und Musik zur Eigenkontrolle des Anwenders ist nicht vorgesehen.

Es ist ferner eine Rehabilitationshilfe bekannt, bei der der Druck unter dem Fuß des Anwenders gemessen und ein Alarmsignal ausgelöst wird, wenn ein eingestellter Maximalwert überschritten ist. Die Tonhöhe des Alarmsignals variiert je nach Stärke der Überbelastung. Dem Anwender wird durch die Tonhöhe des Alarmsignals der Grad der Überbelastung hörbar gemacht (Prospekt der INFOTRONIC, 7650AA Tubbergen/NL, "Fußdruckbegrenzer"). Es ist hiermit keine direkte Einflußnahme des Anwenders auf die Alarmsignalgestaltung möglich und somit nur eine geringe Motivation erzielbar.

Es ist bekannt, die Druckverteilungsmessung im Schuh mittels einer Sensorfolie in Form einer Einlegesohle vorzunehmen (Zeitschrift "Med.Orth.Tech.1/94, S. 6 ff). Die Sensorfolien werden durch am Unterschenkel befestigte Übertragungseinheiten mit einem Personalcomputer verbunden. Die Meßergebnisse können am Bildschirm während der Messung verfolgt, im Computer gespeichert und über einen Drucker ausgegeben werden. Das Meßverfahren dient nicht für Trainingszwecke oder zur Therapieunterstützung, sondern zur Ganganalyse.

Ein weiteres bekanntes Meßsystem ("P-Gait-Analysis-Meßsystem", Tagungsbericht von Zweifel, H.-J. u. a., S. 260 ff., Konferenz für Ganganalyse, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1992, S. 260 ff.) erfaßt die Druckgrößen mit einer Meßsohle pro Fuß, wobei die Druck-Signalerfassung mit Drucksensoren und anschliessendem elektronischem Multiplexing und einer Verstärkung/Impedanzwandlung vorgenommen wird. Die Signalübertragung erfolgt zu einem Computer, in dem die Signalverarbeitung mittels einer geeigneten Software vorgenommen wird. Es ist keine Weiterverarbeitung der Signale zur akustischen Eigenkontrolle des Anwenders vorgesehen. Die Signale dienen der

Aus DE 41 41 109 ist eine Vorrichtung zum Trainieren und zur Ermittlung des Trainingsfortschrittes einer Person bekannt, mit der die ermittelten Meßwerte zunächst mit in Tabellen abgespeicherten Werten verglichen werden und erst nach Ablauf einer Meßwertserie nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne ein akustisches Signal abgegeben wird. Dieses ist für jeden Anwender und auch für jeden Meßwert beim Erreichen einer bestimmten Größe das gleiche akustische Signal ohne jede Differenziertheit.

Es sind bisher jedoch keine Verfahren oder Vorrichtungen bekannt, mit denen eine Unterstützung z. B. der Aufgaben des krankengymnastischen Personals, von Therapeuten oder von Trainierenden mit einer Wirkungssteigerung der Übungen, einer Erhöhung der Motivation des Anwenders für die Übungen und die Möglichkeit zur autonomen Optimierung von Bewegungsabläufen während der Übungen gewährleistet werden können.

Der Erfindung liegt von daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Akustisierung körpereigener physikalischer Werte zu entwickeln, mit denen eine akustische Eigenkontrolle und Motivierung durch Musik von Anwendern bei Trainings- und/oder Therapiemaßnahmen gewährleistet werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung die Merkmale des Patentanspruchs 1 für das Verfahren und des Patentanspruchs 4 für die Vorrichtung vor.

Durch die Verbindung bekannter Meßverfahren zur Gewinnung physikalischer Meßwerte von Personen mit der ebenfalls bekannten Musik im MIDI-Format und durch die Rückkopplung der Meßwertsituation zum Anwender (Bio-Feedback) wird eine wesentliche Erhöhung der Motivation von Anwendern für z. B. krankengymnastische Übungen oder für Trainingszwecke erreicht. Es wird die Möglichkeit zur autonomen Optimierung von Bewegungsabläufen z. B. während der Rehabilitationsübungen geschaffen. Es kann jedes Instrumental-Musikstück, das der trainierenden Person besonders gefällt und im MIDI-Format auf einem Datenträger vorliegt, zur akustischen Darstellung von körpereigenen physikalischen Werten verwendet werden. Die Anwendung kann sowohl in Kliniken oder dgl. oder zu Hause unabhängig von den örtlichen Gegebenheiten und auch ohne Unterstützung durch Therapeuten erfolgen. Es ist ein kontrolliertes Üben zwischen den Behandlungen beim Therapeuten möglich.

Erfindungsgemäß wird eine konkrete, die verwendeten technischen Mittel zueinander in Bezug setzende technische Lehre gegeben, welche die direkte Verknüpfung der aufgenommenen Meßwerte mit Musik zur Eigenkontrolle in Echtzeit gewährleistet, d. h. die Meßsignale werden im Moment ihrer Aufnahme "on line" d. h. in Echtzeit in akustische Meßwert spezifische Signale umgesetzt. Es werden nicht Lautstärke oder Frequenz eines Tones permanent und in Echtzeit übertragen, sondern es wird Musik ausgegeben, wobei musikalische Elemente variiert werden. Dies bedeutet, daß ausgewählte Instrumentenklänge ausgetauscht, Tonhöhen verstimmt und Notenlängen meßwertspezifisch verändert werden. Eine solche Rückkopplung der Meßwertsituation zum Anwender über Musiksignale ist nicht bekannt.

Nach der Erfindung werden die aufgenommenen körpereigenen physikalischen Werte im Moment ihrer Aufnahme in Echtzeit in akustische Signale umgesetzt. Dabei beeinflussen die körpereigenen Werte des Anwenders die akustischen Signale, die meßwertspezifisch sind. Es können beliebige Musikstücke abgespeichert werden, die durch die aufgenommenen körpereigenen physikalischen Meßwerte anwenderspezifisch verändert werden.

Entsprechen die körpereigenen physikalischen Werte, die

über die Sensoren aufgenommen werden, einer mustergültigen Vorgabe, die den Optimalzustand beschreibt und die in den Algorithmen abgespeichert ist, so wird ein Musikstück original übertragen. Besteht eine Abweichung zur mustergültigen Vorgabe, so werden die Musikdaten beeinflusst. Je größer die Abweichung der mustergültigen Vorgabe ist, desto auffälliger ist die Beeinflussung der Musikdaten.

Ein Beispiel der akustischen Eigenkontrolle bei der Gangtherapie zur Rehabilitation von Patienten mit Gehstörungen wird nachstehend erläutert. Das optimale Gangbild des Gesunden ist durch Symmetrie, Schrittfrequenz und definiertes Abrollverhalten des Fußes charakterisiert. Bei Patienten mit Gehstörungen ist das Gangbild unsymmetrisch, die Schrittfrequenz ist vermindert und oftmals ist das Abrollverhalten gestört. Jede Abweichung vom optimalen Gangbild, die über die Sensoren an den Füßen des Patienten ermittelt wird, führt zu einer Beeinflussung der Musikdaten. Z. B. ein Musikstück, das bei einer symmetrischen Gangart original übertragen wird, ertönt bei einem Patienten mit unsymmetrischem Gangbild je nach Stärke der Unsymmetrie stockend und unmelodisch. Der Patient wird motiviert, sein Gangbild zu verbessern und symmetrischer zu gestalten, um das Musikstück wohlklingender ertönen zu lassen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Akustisierung körpereigener physikalischer Werte zur akustischen Eigenkontrolle bei der Gangtherapie zur Rehabilitation von Patienten mit Gehstörungen näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein Blockschaltbild der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Mit Hilfe von Musik soll einem Patienten 1 mit Gehstörungen eine akustische Information über seine Gangparameter bezüglich Schrittfrequenz, Symmetrie und Abrollverhalten des Fußes bereitgestellt werden.

Der Fuß ist für den Menschen die wesentliche mechanische Voraussetzung bei allen Haltungen und Fortbewegungen. Die Funktion des Fußes kann z. B. bei Einschränkungen der neuromuskulären Steuerung sowie bei Neuropathien gestört sein.

Der Mensch muß beim Gehen und Stehen über den Bodenkontakt mit dem Fuß eine Kraft übertragen, deren vertikale Komponente etwa seinem Gewicht entspricht. Diese Kraft wirkt über die Kontaktfläche des Fußes mit der Unterlage und erzeugt einen Druck. Der Druck ist im allgemeinen ungleichmäßig über die Kontaktfläche verteilt und zeitlich veränderlich.

Die Messung der Bodenreaktionskräfte erfolgt nach den bekannten Meßverfahren. An den Füßen bzw. in den Schuhen des Patienten 1 sind pro Fuß mindestens zwei Kraftsensoren 2, 3 im Fersenbereich und im Bereich des Vorfußes zur Messung der Bodenreaktionskraft und zur Messung der Abfolge des Auftretens befestigt. Die Signale der Sensoren 2, 3 werden an die Eingänge einer Auswerteeinheit 4 geleitet. Die Auswerteeinheit 4 für die Meßwerte besteht im wesentlichen aus Verstärker und A/D-Wandler. Die in der Auswerteeinheit 4 aufbereiteten Signale werden einer Bewertungsstufe 6 für die Meßwerte zugeführt, in der die Meßwerte mit Vorgaben aus einem Bewertungsvorgabenspeicher 5 zusammengebracht werden. Die so ermittelten Bewertungen für die Bewegungsausführungen des Patienten 1 werden unter Verwendung der vorgegebenen Musik im MIDI-Format aus einem Speicher 8 in einer Umsetzungsstufe 7 vertont und ergeben die modifizierte Musik. Die Bewertungsstufe 6, der Speicher 5 für die Bewertungsvorgaben und die Umsetzungsstufe 7 können durch einen Mikrocomputer mit Programm- und Datenspeicher und einem ange-

schlossenen Verτονungsmodul mit Lautsprecheranschluß realisiert werden. Als Speicher 8 für Musik im MIDI-Format eignen sich die handelsüblichen Disketten oder Chipkarten.

Die Signale der Sensoren 2, 3 lösen auf der Basis spezifischer Algorithmen (Software) beim Patienten Klangereignisse aus, die sich in ihrer zeitlichen Abfolge zu charakteristischen Musikstücken zusammenfügen. Die Musikstücke können Lieder, bestehend aus einer Melodie und Rhythmus, oder die Klänge deutlich erkennbarer Musikinstrumente sein.

Die beschriebene Musikerzeugung erfolgt im Augenblick der Bewegungsausführung, d. h. in "Echtzeit", und ist dem Patienten 1 über Kopfhörer 9 oder Lautsprecher zum gleichen Zeitpunkt zugänglich.

Die zu verwendende Software ist in der Lage, Musikstücke zu erzeugen, die motivierende, handlungsauslösende und die ausgewählte Bewegung "beschreibende" oder "kontrollierende" Wirkung aufweisen.

Der spezifische Algorithmus bewirkt Signale zur Klangerzeugung/Klangbeeinflussung, die dem MIDI-Format entsprechen und die elektronische Musikinstrumente verwenden, die solche Signale verstehen (Verwendung von Standard-Klangerzeugern). Dabei können die Bodenreaktionskräfte beispielsweise mit der Tonhöhe und/oder der Lautstärke und der Gangrhythmus mit dem Musiktakt in Bezug gesetzt werden. Es können über die zu verwendende Software alle oder einige Parameter beeinflusst oder verändert werden. Die Erzeugung von Musikstücken kann in verschiedenen Varianten organisiert werden.

Der Patient 1 wählt ein gerne gehörtes Lied, Musikinstrument oder Musikstück aus. Jeweils beim Überschreiten der Bodenreaktionskräfte von rechtem bzw. linkem Bein wird über einen einstellbaren Schwellenwert eine Klangsequenz ausgelöst, die den durch ein ausgewähltes Musikinstrument gespielten Noten des folgenden Taktes eben dieses Liedes entspricht, wobei die Geschwindigkeit des Liedes bzw. die zeitliche Dauer eines Taktes fest einstellbar ist und somit die Schrittfrequenz des Patienten 1 bestimmt. Die Differenz zwischen den maximalen Auftretskräften von linkem und rechtem Bein aufeinanderfolgender Schritte verstimmt das gespielte Instrument, d. h. verändert den Grundton um einen gewissen, den Gehfähigkeiten des Patienten 1 angepaßten Betrag.

Eine Variante besteht darin, daß im Falle des Überschreitens der Bodenreaktionskräfte von rechtem bzw. linkem Bein über einen einstellbaren Schwellenwert ein Signal ausgelöst wird, welches ein ausgewähltes Musikinstrument veranlaßt, eine immer wieder identische Note oder eine gemäß der Harmonielehre zur Melodie des Liedes passende Note mit der Dauer der Überschreitung des Schwellenwertes zu spielen. Aus dem zeitlichen Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schwellenwertüberschreitungen wird die Zeit berechnet, mit der ein Takt oder der Bruchteil eines Taktes des ausgewählten Liedes gemeinsam mit dem Klang eines bestimmten Musikinstrumentes zu Gehör gebracht wird, wobei sich die Geschwindigkeit des Liedes nach der Schrittfrequenz des Patienten 1 richtet. Das ausgewählte Lied wird durch eine größere Anzahl von Instrumenten intoniert, jedoch wird das bestimmte Musikinstrument deutlich herausgehört.

Die verwendeten Sensoren 2, 3 zur Messung der Bodenreaktionskräfte während des Gehens weisen eine Konstruktion auf, die bezüglich der Genauigkeit, der Auflösung und der Lebensdauer der Aufgabenstellung angepaßt sind.

Besonders vorteilhaft sind Kraftsensoren 2, 3, die aus luft- oder flüssigkeitsgefüllten Druckkammern bestehen. Ein Teil der Rückstellkraft kann mittels eines darin befindli-

chen Moosgummi- oder Schaumstoffkörpers ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Akustisierung körpereigener physika-
lischer Werte für Trainings- und/oder Therapiemaß-
nahmen, wobei die relevanten physikalischen Meß-
werte des Probanden über Sensoren aufgenommen und
in einer Aufbereitungsstufe verstärkt, gewandelt und in
Musiksignale umgesetzt werden, **dadurch gekenn-
zeichnet**, daß die körpereigenen Werte des Probanden
(1) über die Sensoren (2, 3) ständig aufgenommen und
in der Aufbereitungsstufe (4) verstärkt und gewandelt
werden und in einer Bewertungsstufe (5, 6) mittels spe-
zifischer Algorithmen softwaremäßig verarbeitet und
simultan in einer Umsetzungsstufe (7) in Musik umge-
setzt werden, die den Vorgaben aus der Bewertungs-
stufe (5, 6) durch Beeinflussung der im Musikspeicher
(8) im MIDI-Format gespeicherten Musikdaten ent-
spricht, und daß dem Probanden (1) über eine Ton-
quelle (9) eine Musik ausgegeben wird, die seine Meß-
wertsituation permanent und in Echtzeit signalisiert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß die Interpretation der Meßwerte durch Verän-
derungen in Form von verlängerten oder verkürzten
Noten oder Pausen, einer Auswahl von Instrumental-
stimmen, veränderter Klangfarbe oder Nachhall, ver-
änderter Lautstärke der abgespielten Instrumentalmu-
sik aus dem Speicher (8) im MIDI-Format vorgenom-
men wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß min-
destens ein Sensor (2, 3) zur Erfassung physikalischer
Meßwerte vom Körper des Probanden (1) mit einer
Auswerteeinheit für die Meßwerte (4) verbunden ist,
die wiederum mit einer Bewertungsstufe (6) für die
Meßwerte gekoppelt ist, die eingangsseitig weiterhin
mit einem Bewertungsvorgabenspeicher (5) und aus-
gangsseitig mit einer Umsetzungsstufe (7) verbunden
ist, die eingangsseitig mit einem Speicher (8) für Musik
im MIDI-Format und ausgangsseitig mit einer Ton-
quelle (9) verbunden ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekenn-
zeichnet, daß als Sensor (2, 3) eine Kraftmeßsohle für
Bodenreaktionskräfte verwendet wird, die in her-
kömmlichen Schuhen eingelegt ist und welche unter
der Ferse und unter dem Vorfuß mindestens je einen
Kraftsensor enthält.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Kraftsensoren aus Dehnungsmeß-
streifen gebildet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Kraftsensoren aus luft- oder flüssig-
keitsgefüllten Druckkammern bestehen, an denen di-
rekt oder über Schlauchverbindungen Drucksensoren
zur Kraftmessung angebracht sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß ein Teil der Rückstellkraft in der Druck-
kammer mittels eines darin befindlichen Moosgummi-
oder Schaumstoffkörpers bewirkt wird, wobei die
Druckkammerwände mit dem Moosgummi- oder
Schaumstoffkörper fest verbindbar sind.

- Leerseite -

